

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 12 日 (12.02.2004)

PCT

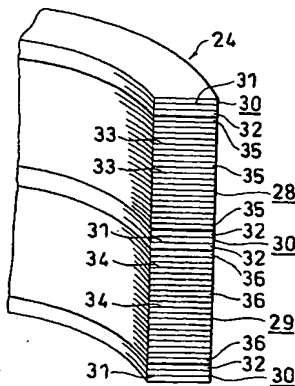
(10) 国際公開番号
WO 2004/013504 A1

- (51) 国際特許分類: F16C 32/04 542-0081 大阪府 大阪市 中央区南船場三丁目 5-8 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2002/007911 (71) 出願人 および
- (22) 国際出願日: 2002 年 8 月 2 日 (02.08.2002) (72) 発明者: 宮 健三 (MIYA, Kenzo) [JP/JP]; 〒184-0011 東京都 小金井市 東町 1 丁目 17-2 Tokyo (JP). 出町 和之 (DEMACHI, Kazuyuki) [JP/JP]; 〒319-1188 茨城県 那珂郡 東海村 白方 91-304 Ibaraki (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (72) 発明者; および
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 光洋精工株式会社 (KOYO SEIKO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 亀野 浩徳 (KAMENO, Hironori) [JP/JP]; 〒542-0081 大阪府 大阪市 中央区南船場三丁目 5-8 光洋精工株式会社内 Osaka (JP). 高畑 良一 (TAKAHATA, Ryouichi) [JP/JP]; 〒

[続葉有]

(54) Title: SUPERCONDUCTING MAGNETIC BEARING

(54) 発明の名称: 超電導磁気軸受



(57) Abstract: A superconducting magnetic bearing (22) comprises a stationary side bearing part (23) having a ring superconductor unit (26) provided to a stationary part (20) and a rotary side bearing part (24) having a ring permanent magnet unit (28, 29) so provided to a rotator (21) as to be opposed to the superconductor unit (26). The rotator (21) is supported with the stationary part (20) with no contact by the pinning effect of the superconductor constituting the superconductor unit (26). The permanent magnet unit (28, 29) is composed of permanent magnet single pieces stacked with insulating layers therebetween.

(57) 要約:

超電導磁気軸受(22)は、固定部分(20)に設けられた環状の超電導体ユニット(26)を有する固定側軸受部(23)と、超電導体ユニット(26)に対向するように回転体(21)に設けられた環状の永久磁石ユニット(28)(29)を有する回転側軸受部(24)とを備え、超電導体ユニット(26)を構成する超電導体のピン止め効果により固定部分(20)に対して回転体(21)が非接触支持される。永久磁石ユニット(28)(29)が、絶縁層を介して積層された複数の永久磁石単体より構成されている。

WO 2004/013504 A1



542-0081 大阪府 大阪市 中央区南船場三丁目 5-8 光
洋精工株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 岸本 瑛之助, 外(KISHIMOTO, Einosuke et
al.); 〒542-0086 大阪府 大阪市 中央区西心斎橋 1 丁
目 13 番 18 号 イナバビル 3 階 キシモト特許事務
所内 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, SE, SK, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

超電導磁気軸受

5 技術分野

この発明は、第2種超電導体のピン止め効果を利用して固定部分に対して回転部分を非接触支持する超電導磁気軸受に関する。

背景技術

- 10 この種の超電導磁気軸受として、固定部分に設けられた環状の超電導体ユニットを有する固定側軸受部と、超電導体ユニットに対向するように回転部分に設けられた環状の永久磁石ユニットを有する回転側軸受部とからなるものが知られている。また、このような超電導磁気軸受には、2つの軸受部が径方向（ラジアル方向）に対向するラジアル型超電導磁気軸受と軸線方向（アキシアル方向）に対向するアキシアル型超電導磁気軸受がある。

図1は、従来のラジアル型超電導磁気軸受の1例を示している。

図1において、(1)は軸状の固定部分、(2)は固定部分(1)の周囲を回転する円筒状の回転部分を示している。固定部分(1)には固定側軸受部(3)が、回転部分(2)には回転側軸受部(4)が設けられている。

- 20 固定側軸受部(3)には、円筒状の超電導体ユニット(5)が設けられている。図2に示すように、超電導体ユニット(5)は、周方向に分割された複数の部分円筒状の超電導体バルク(6)より構成されている。各超電導体バルク(6)は、内部に微細な常電導粒子が均一に混在された第2種超電導体よりなる。また、超電導体バルク(6)は、液体窒素などにより冷却される。

- 25 回転側軸受部(4)には、軸線方向に並べて配置された2個の円筒状の永久磁石

ユニット(7)(8)と、2個の永久磁石ユニット(7)(8)の互いに隣接する端面間および2個の電磁石ユニット(7)(8)の他端に配置された3個の磁性材料製の環状のヨーク(9)とが設けられている。詳細な図示は省略したが、各永久磁石ユニット(7)(8)は、周方向に分割された複数の部分円筒状の永久磁石バルク(10)(11)より構成されている。各永久磁石ユニット(7)(8)は軸線方向(上下方向)の両端に磁極を有し、2つの永久磁石ユニット(7)(8)の隣接する端部が同じ極性になっている。この場合は、上側の永久磁石ユニット(7)については、上端部がN極で、下端部がS極であり、下側の永久磁石ユニット(8)については、上端部がS極で、下端部がN極となっている。

10 上側の永久磁石ユニット(7)により、永久磁石ユニット(7)と超電導体ユニット(5)の上側部分との間に、図1に矢印Aで示す磁場が形成され、同様に、下側の永久磁石ユニット(8)により、永久磁石ユニット(8)と超電導体ユニット(5)の下側部分との間に、図1に矢印Bで示す磁場が形成される。そして、超電導体ユニット(5)を冷却して超電導状態にすることにより、超電導体ユニット(5)に侵入した磁場が、超電導体ユニット(5)内部の常電導粒子のある常電導部分(ピン止め点)に捕捉(ピン止め)され、このピン止め効果により、固定側軸受部(3)に対して、回転側軸受部(4)が軸線方向および径方向に支持される。

上記の超電導磁気軸受では、各永久磁石ユニット(7)(8)において、周方向に関して、各永久磁石バルク(10)(11)の部分では、磁場は均一であるが、隣接する永久磁石バルク(10)(11)の境界部分では、磁場は不均一になる。このような周方向の磁場のむらを低減するためにヨーク(9)が使用されており、ヨーク(9)があるために、各永久磁石ユニット(7)(8)による磁場が周方向にほぼ均一になる。このため、永久磁石ユニット(7)(8)が回転部分(2)とともに回転しても、磁場は変化せず、回転抵抗は発生しない。そして、このような周方向に均一な磁場が、上記のように、超電導体ユニット(5)のピン止め点に捕捉される。

一方、超電導体ユニット(5)においては、これが周方向に複数の超電導体バルク(6)に分割されているため、超電導体ユニット(5)が作り出す磁場が周方向に不均一になるという問題がある。

永久磁石ユニット(7)(8)からの磁場が捕捉される超電導体バルク(6)について
5 説明すると、図2に示すように、各超電導体バルク(6)の多数のピン止め点(12)に磁場が捕捉され、そのまわりに実線の矢印Cで示す遮蔽電流が流れる。この遮蔽電流により形成される磁場が、超電導体バルク(6)に捕捉された磁場になる。周方向に関して、各超電導体バルク(6)の内側では、ピン止め点(12)が一様に分布しているため、捕捉された磁場は均一であるが、隣接する超電導体バルク(6)
10 の境界部分では、ピン止め点(12)の分布が不均一であるため、磁場も不均一になる。これを巨視的に見ると、超電導体バルク(6)の内側部分では、一様に分布するピン止め点(12)のまわりの遮蔽電流が打ち消し合うが、超電導体バルク(6)の境界部分では、最も外側のピン止め点(12)のまわりの遮蔽電流が打ち消されることがないため、超電導体バルク(6)全体では、図2に破線の矢印Dで示すよ
15 うな遮蔽電流が流れることになる。そして、超電導体バルク(6)ごとにこのような遮蔽電流が流れるため、超電導体ユニット(5)全体で、磁場が周方向に不均一になる。このように、超電導体ユニット(5)が作り出す磁場が周方向に不均一になることにより、永久磁石ユニット(7)(8)が回転部分(2)とともに回転したときに、磁場変化を受け、永久磁石ユニット(7)(8)に渦電流が流れる。そして、こ
20 の渦電流により、回転損失が発生する。

超電導体ユニット(5)の磁場の周方向のむらによる渦電流は、ヨーク(9)の部分にも発生する。

この発明の目的は、上記の問題を解決し、超電導体ユニットが作り出す磁場の不均一により永久磁石ユニットおよびヨークに発生する渦電流を低減して、
25 回転損失を低減できる超電導磁気軸受を提供することにある。

発明の開示

この発明による超電導磁気軸受は、固定部分に設けられた環状の超電導体ユニットを有する固定側軸受部と、超電導体ユニットに対向するように回転部分に設けられた環状の永久磁石ユニットを有する回転側軸受部とを備え、超電導体ユニットを構成する超電導体のピン止め効果により固定部分に対して回転部分が非接触支持される超電導磁気軸受であって、永久磁石ユニットが、絶縁層を介して積層された複数の永久磁石単体より構成されていることを特徴とするものである。

10 永久磁石単体は、軸線方向と径方向の少なくとも一方に積層される。

たとえば、複数の穴あき円板状の永久磁石単体が、軸線方向に積層される。また、たとえば、複数の薄肉円筒状の永久磁石単体が、径方向に積層される。さらに、たとえば、断面が正形状あるいは長形状をなす複数の環状の永久磁石単体が、軸線方向および径方向の両方向に積層される。

15 各永久磁石単体は、周方向全体にわたって一体に形成されてもよいし、周方向に複数の円弧状部分に分割されていてもよい。すなわち、永久磁石単体は、軸線方向、径方向および周方向の少なくとも1方向に積層される。

固定側軸受部と回転側軸受部が径方向に対向するラジアル型超電導磁気軸受の場合、たとえば、複数の穴あき円板状の永久磁石単体が軸線方向に積層される。あるいは、複数の環状の永久磁石単体が軸線方向および径方向の両方向に積層される。

20 固定側軸受部と回転側軸受部が軸線方向に対向するアキシアル型超電導磁気軸受の場合、たとえば、複数の薄肉円筒状の永久磁石単体が径方向に積層される。あるいは、複数の環状の永久磁石単体が軸線方向および径方向の両方向に積層される。

25

この発明による超電導磁気軸受では、永久磁石ユニットが、絶縁層を介して積層された複数の永久磁石単体より構成されているから、永久磁石ユニットが回転により磁場変化を受けても、永久磁石ユニットに発生する渦電流が低減し、それによる回転損失も低減する。

- 5 したがって、この発明の超電導磁気軸受によれば、永久磁石ユニットに発生する渦電流を低減して、回転損失を低減することができる。

超電導体ユニットは、周方向全体にわたって一体に形成されるのが望ましい。しかし、通常は、製造上の都合などにより、超電導ユニットは、周方向に分割された複数の超電導体バルクより構成される。

- 10 超電導体ユニットが周方向に複数の超電導体バルクに分割されている場合、前記のように、超電導体ユニットが作り出す磁場が周方向に不均一になり、永久磁石ユニットが回転部分とともに回転したときに、磁場変化を受ける。しかし、この発明による超電導磁気軸受では、永久磁石ユニットが、絶縁層を介して積層された複数の永久磁石単体より構成されているから、永久磁石ユニット
15 に発生する渦電流が低減し、それによる回転損失も低減する。

したがって、上記のようにすることにより、超電導体ユニットが作り出す磁場の不均一により永久磁石ユニットに発生する渦電流を低減して、回転損失を低減することができる。

- 20 たとえば、回転側軸受部が、環状の永久磁石ユニットと、永久磁石ユニットに隣接して超電導体ユニットに対向する環状のヨークとを備え、ヨークが、絶縁層を介して積層された複数の磁性材料製ヨーク単体より構成されている。

ヨーク単体の磁性材料には、たとえば、ケイ素鋼板が使用される。

- ラジアル型の超電導磁気軸受の場合、たとえば、複数の穴あき円板状のヨーク単体が軸線方向に積層される。アキシアル型の超電導磁気軸受の場合、たと
25 えば、複数の薄肉円筒状のヨーク単体が径方向に積層される。

永久磁石ユニットは、回転側軸受部に少なくとも 1 個設けられる。

永久磁石ユニットが 1 個設けられている場合、好ましくは、ヨークは、永久磁石ユニットの両側の 2 箇所配置される。

5 好ましくは、永久磁石ユニットは、回転側軸受部に複数個設けられる。さらに好ましくは、2 個設けられる。永久磁石ユニットが 2 個設けられている場合、好ましくは、ヨークは、2 個の永久磁石ユニットの間と両側の 3 箇所に配置される。

ラジアル型超電導磁気軸受の場合、たとえば、2 個の永久磁石ユニットが軸線方向に並べられ、これらの間と軸線方向両側の 3 箇所にヨークが配置される。

10 アキシアル型超電導磁気軸受の場合、たとえば、2 個の永久磁石ユニットが径方向に並べられ、これらの間と径方向両側の 3 箇所にヨークが配置される。

ヨークも、軸線方向、径方向および周方向の少なくとも 1 方向に積層されるが、構造上可能ならば、多方向に積層されるのが望ましい。

15 ヨークが回転部分とともに回転して磁場変化を受けると、ヨークにも渦電流が発生するが、ヨークが、絶縁層を介して積層された磁性材料製ヨーク単体より構成されていれば、ヨークに発生する渦電流が低減し、それによる回転損失も低減する。

したがって、上記のようにすることにより、超電導体ユニットが作り出す磁場の不均一により永久磁石ユニットに発生する渦電流を低減するとともに、ヨークに発生する渦電流の低減して、回転損失を低減することができる。

20

図面の簡単な説明

図 1 は、従来のラジアル型超電導磁気軸受の 1 例を概略的に示す縦断面図である。図 2 は、図 1 の超電導体ユニットの部分を示す斜視図である。図 3 は、この発明の第 1 実施形態を示すラジアル型超電導磁気軸受の縦断面図である。

25

図 4 は、図 1 の回転側軸受部の一部を示す部分切欠き斜視図である。図 5 は、
図 1 の回転側軸受部の一部を示す部分切欠き分解斜視図である。図 6 は、第 1
実施形態における永久磁石ユニットの変形例を示す部分切欠き斜視図である。
図 7 は、この発明の第 2 実施形態を示すアキシアル型超電導磁気軸受の縦断面
5 図である。図 8 は、図 7 の回転側軸受部の一部を示す部分切欠き斜視図である。
図 9 は、図 7 の回転側軸受部の一部を示す部分切欠き分解斜視図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図 3～図 9 を参照して、この発明の 2 つの実施形態について説明する。

10 図 3～図 5 は、第 1 実施形態を示している。

図 3 は、固定部分 (20) に対して回転部分である回転体 (21) を非接触支持する
ラジアル型超電導磁気軸受 (22) の部分を示している。超電導磁気軸受 (22) は、
固定部分 (20) 側に設けられた固定側軸受部 (23) と、回転体 (21) 側に設けられた
回転側軸受部 (24) とを備えている。

15 固定部分 (20) には、固定部分 (20) の鉛直な軸線を中心とする環状の冷却タン
ク (25) が設けられ、タンク (25) 内の外周部に、固定側軸受部 (23) が設けられて
いる。

固定側軸受部 (23) は、タンク (25) 内の外周部に同心状に固定された円筒状の
超電導体ユニット (26) を備えている。詳細な図示は省略したが、超電導体ユニ
20 ャット (26) は、周方向に分割された複数の超電導体バルク (27) より構成されてい
る。各超電導体バルク (27) は、内部に微細な常電導粒子が均一に混在された第
2 種超電導体よりなる。この例では、超電導体バルク (27) は、イットリウム系
超電導体であるイットリウム 1 2 3 ($YBa_2Cu_3O_{7-x}$) の内部にイットリ
ウム系常電導体であるイットリウム 2 1 1 (Y_2BaCu) の微細粒子を均一に
25 混在させたものである。

タンク (25) は、冷却流体供給管 (46) および冷却流体排出管 (47) を介して、図示しない適当な冷却装置に接続されており、この冷却装置により、タンク (25) 内をたとえば液体窒素からなる冷却流体が循環させられ、タンク (25) 内に満たされる冷却流体により、超電導体ユニット (26) が冷却される。

5 回転体 (21) は、固定部分 (20) の上方に同心状に配置された鉛直軸部 (21a) と、軸部 (21a) の下端に同心状に固定された円板部 (21b) と、円板部 (21b) の下面に同心状に固定された支持円筒部 (21c) とを備えており、円筒部 (21c) の内周部に回転側軸受部 (24) が設けられている。

10 回転側軸受部 (24) は、超電導体ユニット (26) に径方向の外側からわずかな空隙をあけて対向するように配置された 2 個の円筒状の永久磁石ユニット (28) (29) および 3 個の円筒状のヨーク (30) を備えている。2 個の永久磁石ユニット (28) (29) は、軸線方向 (上下方向) に並べて配置されている。ヨーク (30) は、上下の永久磁石ユニット (28) (29) の上下対向端面、上側永久磁石ユニット (28) の上端面および下側永久磁石ユニット (29) の下端面に隣接するように配置され
15 ている。各永久磁石ユニット (28) (29) は、上下両端に磁極を有し、2 つの永久磁石ユニット (28) (29) の隣接する端部が同じ極性になっている。この例では、上側の永久磁石ユニット (28) については、上端部が N 極で、下端部が S 極であり、下側の永久磁石ユニット (29) については、上端部が S 極で、下端部が N 極となっている。

20 回転側軸受部 (24) の詳細が図 4 および図 5 に示されている。図 4 は回転側軸受部 (24) の一部を示す部分切欠き斜視図、図 5 は、回転側軸受部 (24) の一部を分解して示す部分切欠き斜視図である。

各ヨーク (30) は、絶縁層 (31) を介して軸線方向に積層された複数の穴あき円板状の磁性材料製ヨーク単体 (32) より構成されている。ヨーク単体 (32) は、た
25 えばケイ素鋼板により、周方向全体にわたって一体に形成されている。各ヨ

一ク単体(32)の上下両面には、絶縁皮膜が形成されており、これにより、絶縁層(31)が形成される。

各永久磁石ユニット(28)(29)は、絶縁層(33)(34)を介して軸線方向に積層された複数の穴あき円板状の永久磁石単体(35)(36)より構成されている。各永久磁石単体(35)(36)の上下両面には、絶縁皮膜が形成されており、これにより、絶縁層(33)(34)が形成される

各永久磁石単体(35)(36)は、周方向全体にわたって一体に形成されてもよいし、周方向に複数の円弧状部分に分割されていてもよい。この例では、各永久磁石単体(35)(36)は、周方向に分割された複数の円弧状部分(35a)(36a)より構成されている。

図5に示すように、上側の永久磁石ユニット(28)は、周方向に分割された複数の部分円筒状ブロック(37)より構成されている。各ブロック(37)は、複数の円弧状部分(35a)が軸線方向に積層されたものである。各円弧状部分(35a)の上下方向厚さは、たとえば、約0.5mmである。各円弧状部分(35a)の上下両面には、絶縁皮膜が形成されており、これにより、絶縁層(33)が形成される。また、各円弧状部分(35a)は上下両面に磁極を有し、上面がN極、下面がS極となっている。そして、このような円弧状部分(35a)が積層されることにより、ブロック(37)全体として、上端部がN極、下端部がS極となっている。上下のヨーク(30)の間に、複数のブロック(37)が周方向に並べて配置されることにより、永久磁石ユニット(28)が構成される。

下側の永久磁石ユニット(29)も、複数の円弧状部分(36a)が軸線方向に積層された複数の部分円筒状ブロック(38)より構成されている。下側の永久磁石ユニット(29)の場合、各円弧状部分(36a)は、上面がS極、下面がN極となっており、ブロック(38)全体として、上端部がS極、下端部がN極となっている。他は、上側の永久磁石ユニット(28)の場合と同様である。

上記の超電導磁気軸受(22)において、常温環境下など、超電導体ユニット(26)が常電導状態にあるときは、永久磁石ユニット(28)(29)により形成される磁場が超電導体ユニット(26)の内部に侵入する。このような状態で、超電導体ユニット(26)を冷却して超電導状態にすると、超電導体ユニット(26)に侵入した磁場が超電導体ユニット(26)内部のピン止め点に捕捉され、このピン止め効果により、固定側軸受部(23)に対して回転側軸受部(24)が軸線方向および径方向に非接触支持される。

各永久磁石ユニット(28)(29)が周方向に複数のブロック(37)(38)に分割されているが、ヨーク(30)が使用されているため、各永久磁石ユニット(28)(29)の磁場は周方向にほぼ均一になる。このため、永久磁石ユニット(28)(29)が回転体(21)とともに回転しても、磁場は変化せず、回転抵抗は発生しない。そして、このような周方向に均一な磁場が、上記のように、超電導体ユニット(26)のピン止め点に捕捉される。

超電導体ユニット(26)が周方向に複数の超電導体バルク(27)に分割されているため、前記のように、超電導体ユニット(26)が作り出す磁場が周方向に不均一になり、回転側軸受部(24)が回転体(21)とともに回転したときに、永久磁石ユニット(28)(29)およびヨーク(30)が磁場変化を受ける。しかし、各永久磁石ユニット(28)(29)が、絶縁層(33)(34)を介して積層された複数の永久磁石単体(35)(36)より構成され、また、各ヨーク(30)も絶縁層(31)を介して積層された複数のヨーク単体(32)より構成されているから、永久磁石ユニット(28)(29)およびヨーク(30)に発生する渦電流が低減し、それによる回転損失も低減する。

図6は、第1実施形態における永久磁石ユニットの変形例を示している。

この場合、永久磁石ユニット(40)は、断面が正形状あるいは長形状をなす複数の環状の永久磁石単体(41)が絶縁層(42)を介して軸線方向および径方向の両方向に積層されたものである。

この場合も、各永久磁石単体(41)は、周方向全体にわたって一体に形成されてもよいし、周方向に複数の円弧状部分に分割されていてもよい。

図7～図9は、第2実施形態を示している。

図7は、固定部分(50)に対して回転部分である回転体(51)を非接触支持する
5 アキシアル型超電導磁気軸受(52)の部分を示している。超電導磁気軸受(52)は、固定部分(50)側に設けられた固定側軸受部(53)と、回転体(51)側に設けられた回転側軸受部(54)とを備えている。

固定部分(50)には、固定部分(50)の鉛直な軸線を中心とする扁平環状の冷却
タンク(55)が設けられ、タンク(55)内の上端部に、固定側軸受部(53)が設けら
10 れている。

固定側軸受部(53)は、タンク(55)内の上端部に同心状に固定された比較的厚
肉の穴あき円板状の超電導体ユニット(56)を備えている。詳細な図示は省略し
たが、超電導体ユニット(56)は、周方向に分割された複数の超電導体バルク
(57)より構成されている。各超電導体バルク(57)は、第1実施形態の場合と同
15 様の第2種超電導体よりなる。

タンク(55)は、冷却流体供給管(48)および冷却流体排出管(49)を介して、図
示しない適当な冷却装置に接続されており、第1実施形態の場合と同様に、超
電導体ユニット(56)が冷却される。

回転体(51)は、固定部分(50)の上方に同心状に配置された鉛直軸部(51a)と、
20 軸部(51a)の下端に同心状に固定された支持円板部(51b)とを備えており、円板
部(51b)の外周に回転側軸受部(54)が設けられている。

回転側軸受部(54)は、超電導体ユニット(56)に軸線方向の上側からわずかな
空隙をあけて対向するように配置された2個の永久磁石ユニット(58)(59)およ
び3個のヨーク(60)を備えている。2個の永久磁石ユニット(58)(59)は、径方
25 向に並べて同心状に配置されている。ヨーク(60)は、内外の永久磁石ユニット

(58) (59) の内外対向周面、内側永久磁石ユニット (58) の内周面および外側永久磁石ユニット (59) の外周面に隣接するように配置されている。各永久磁石ユニット (58) (59) は、内外両周面に磁極を有し、2つの永久磁石ユニット (58) (59) の隣接する周面が同じ極性になっている。この例では、内側の永久磁石ユニット (58) については、内周面がN極で、外周面がS極であり、外側の永久磁石ユニット (59) については、内周面がS極で、外周面がN極となっている。

回転側軸受部 (54) の詳細が図 8 および図 9 に示されている。図 8 は回転側軸受部 (54) の一部を示す部分切欠き斜視図、図 9 は、回転側軸受部 (54) の一部を分解して示す部分切欠き斜視図である。

各ヨーク (60) は、絶縁層 (61) を介して径方向に積層された複数の円筒状の磁性材料製ヨーク単体 (62) より構成されている。ヨーク単体 (62) は、たとえばケイ素鋼板により、周方向全体にわたって一体に形成されている。各ヨーク単体 (62) の内外両周面には、絶縁皮膜が形成されており、これにより、絶縁層 (61) が形成される。

各永久磁石ユニット (58) (59) は、絶縁層 (63) (64) を介して径方向に積層された複数の円筒状の永久磁石単体 (65) (66) より構成されている。各永久磁石単体 (65) (66) の内外両周面には、絶縁皮膜が形成されており、これにより、絶縁層 (63) (64) が形成される

各永久磁石単体 (65) (66) は、周方向全体にわたって一体に形成されてもよいし、周方向に複数の円弧状部分に分割されていてもよい。この例では、各永久磁石単体 (65) (66) は、周方向に分割された複数の円弧状部分 (65a) (66a) より構成されている。

図 9 に示すように、内側の永久磁石ユニット (58) は、周方向に分割された複数の部分円筒状ブロック (67) より構成されている。各ブロック (67) は、複数の円弧状部分 (65a) が径方向に積層されたものである。各円弧状部分 (65a) の内外

方向厚さは、たとえば、約0.5 mmである。各円弧状部分(65a)の内外両周面には、絶縁皮膜が形成されており、これにより、絶縁層(63)が形成される。また、各円弧状部分(65a)は内外両周面に磁極を有し、内周面がN極、外周面がS極となっている。そして、このような円筒状部分(65a)が積層されることにより、

5 ブロック(67)全体として、内周面がN極、外周面がS極となっている。内外のヨーク(60)の間に、複数のブロック(67)が周方向に並べて配置されることにより、永久磁石ユニット(58)が構成される。

外側の永久磁石ユニット(59)も、複数の円弧状部分(66a)が経方向に積層された複数の部分円筒状ブロック(68)より構成されている。外側の永久磁石ユニット

10 ト(59)の場合、各円筒状部分(66a)は、内周面がS極、外周面がN極となっており、ブロック(68)全体として、内周面がS極、外周面がN極となっている。他は、内側の永久磁石ユニット(58)の場合と同様である。

回転側軸受部(54)の外周に、高速回転時の遠心力によるヨーク単体(62)および永久磁石単体(65)(66)の膨張およびそれによる破壊を防止するための複数層の円環状の補強部材(69)が、同心状に取り付けられている。補強部材(69)は、

15 たとえば、CFRP(炭素繊維強化プラスチック)などから作られている。

上記の超電導磁気軸受(52)において、常温環境下など、超電導体ユニット(56)が常電導状態にあるときは、永久磁石ユニット(58)(59)により形成される磁場が超電導体ユニット(56)の内部に侵入する。このような状態で、超電導体

20 ユニット(56)を冷却して超電導状態にすると、超電導体ユニット(56)に侵入した磁場が超電導体ユニット(56)内部のピン止め点に捕捉され、このピン止め効果により、固定側軸受部(53)に対して回転側軸受部(54)が軸線方向および径方向に非接触支持される。

各永久磁石ユニット(58)(59)が周方向に複数のブロック(67)(68)に分割されているが、ヨーク(60)が使用されているため、各永久磁石ユニット(58)(59)の

25

磁場は周方向にほぼ均一になる。このため、永久磁石ユニット(58)(59)が回転体(51)とともに回転しても、磁場は変化せず、回転抵抗は発生しない。そして、このような周方向に均一な磁場が、上記のように、超電導体ユニット(56)のピン止め点に捕捉される。

- 5 超電導体ユニット(56)が周方向に複数の超電導体バルク(57)に分割されているため、前記のように、超電導体ユニット(56)が作り出す磁場が周方向に不均一になり、回転側軸受部(54)が回転体(51)とともに回転したときに、永久磁石ユニット(58)(59)およびヨーク(60)が磁場変化を受ける。しかし、各永久磁石ユニット(58)(59)が、絶縁層(63)(64)を介して積層された複数の永久磁石単体
10 (65)(66)より構成され、また、各ヨーク(60)も絶縁層(61)を介して積層された複数のヨーク単体(62)より構成されているから、永久磁石ユニット(58)(59)およびヨーク(60)に発生する渦電流が低減し、それによる回転損失も低減する。

- 第2実施形態においても、各永久磁石ユニット(58)(59)は、断面が正形状あるいは長形状をなす複数の環状の永久磁石単体が絶縁層を介して軸線方向
15 および径方向の両方向に積層されたものであってもよい。この場合も、各永久磁石単体は、周方向全体にわたって一体に形成されてもよいし、周方向に複数の円弧状部分に分割されていてもよい。

産業上の利用可能性

- 20 以上のように、この発明にかかる超電導磁気軸受は、第2種超電導体のピン止め効果を利用して固定部分に対して回転部分を非接触支持するものとして有用であり、超電導体ユニットが作り出す磁場の不均一により永久磁石ユニットおよびヨークに発生する渦電流を低減して、回転損失を低減することに適している。

請求の範囲

1. 固定部分に設けられた環状の超電導体ユニットを有する固定側軸受部と、超電導体ユニットに対向するように回転部分に設けられた環状の永久磁石ユニットを有する回転側軸受部とを備え、超電導体ユニットを構成する超電導体のピン止め効果により固定部分に対して回転部分が非接触支持される超電導磁気軸受であって、

永久磁石ユニットが、絶縁層を介して積層された複数の永久磁石単体より構成されていることを特徴とする超電導磁気軸受。

2. 超電導体ユニットが、周方向に分割された複数の超電導体バルクより構成されていることを特徴とする請求項1の超電導磁気軸受。

3. 回転側軸受部が、環状の永久磁石ユニットと、永久磁石ユニットに隣接して超電導体ユニットに対向する環状のヨークとを備え、ヨークが、絶縁層を介して積層された複数の磁性材料製ヨーク単体より構成されていることを特徴とする請求項1または2の超電導磁気軸受。

Fig. 1

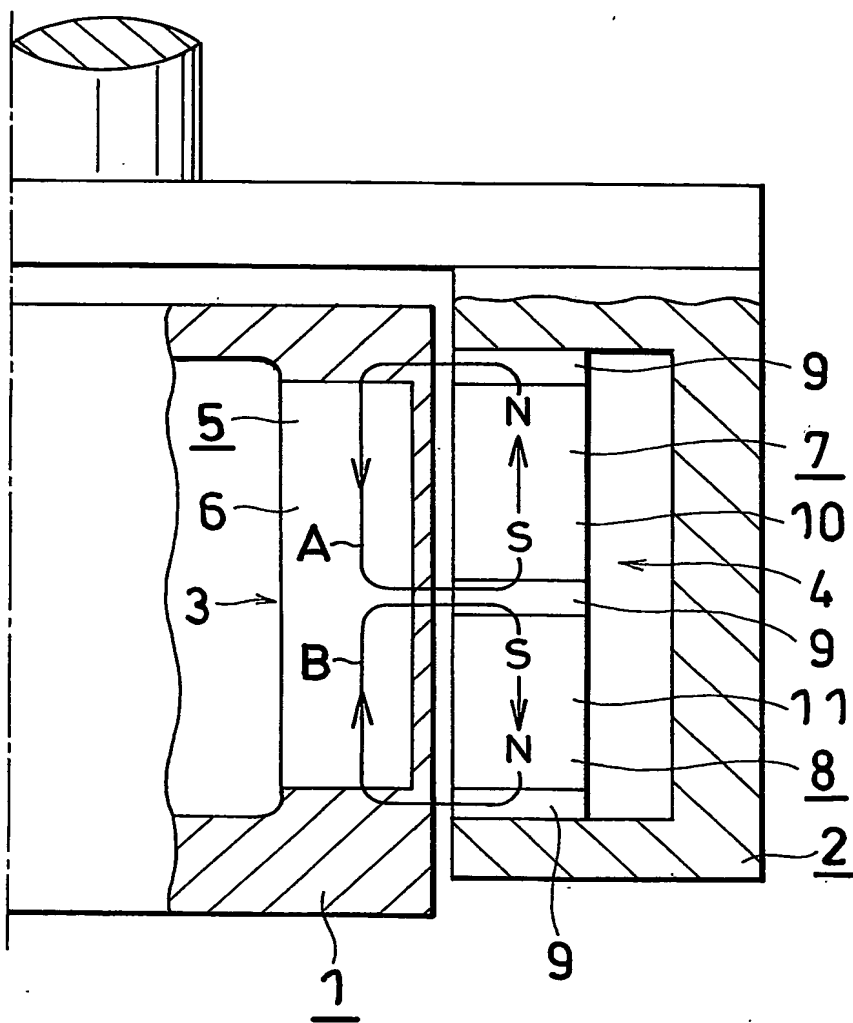
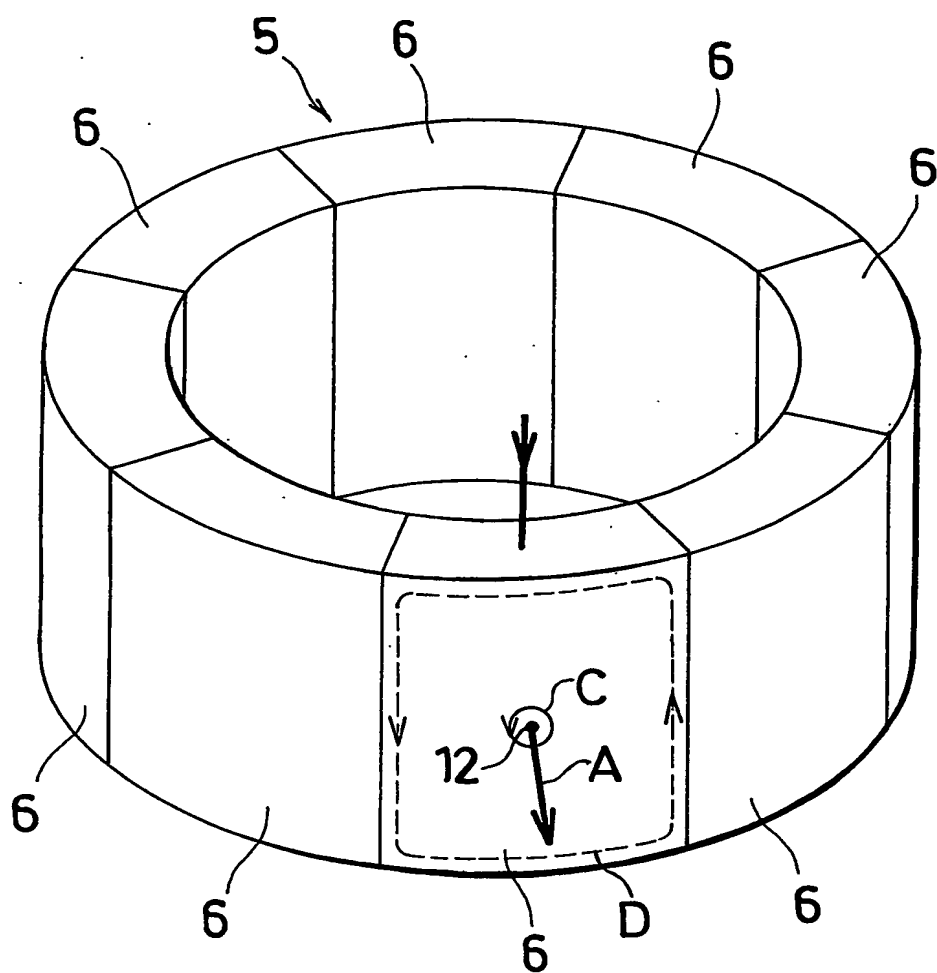


Fig. 2



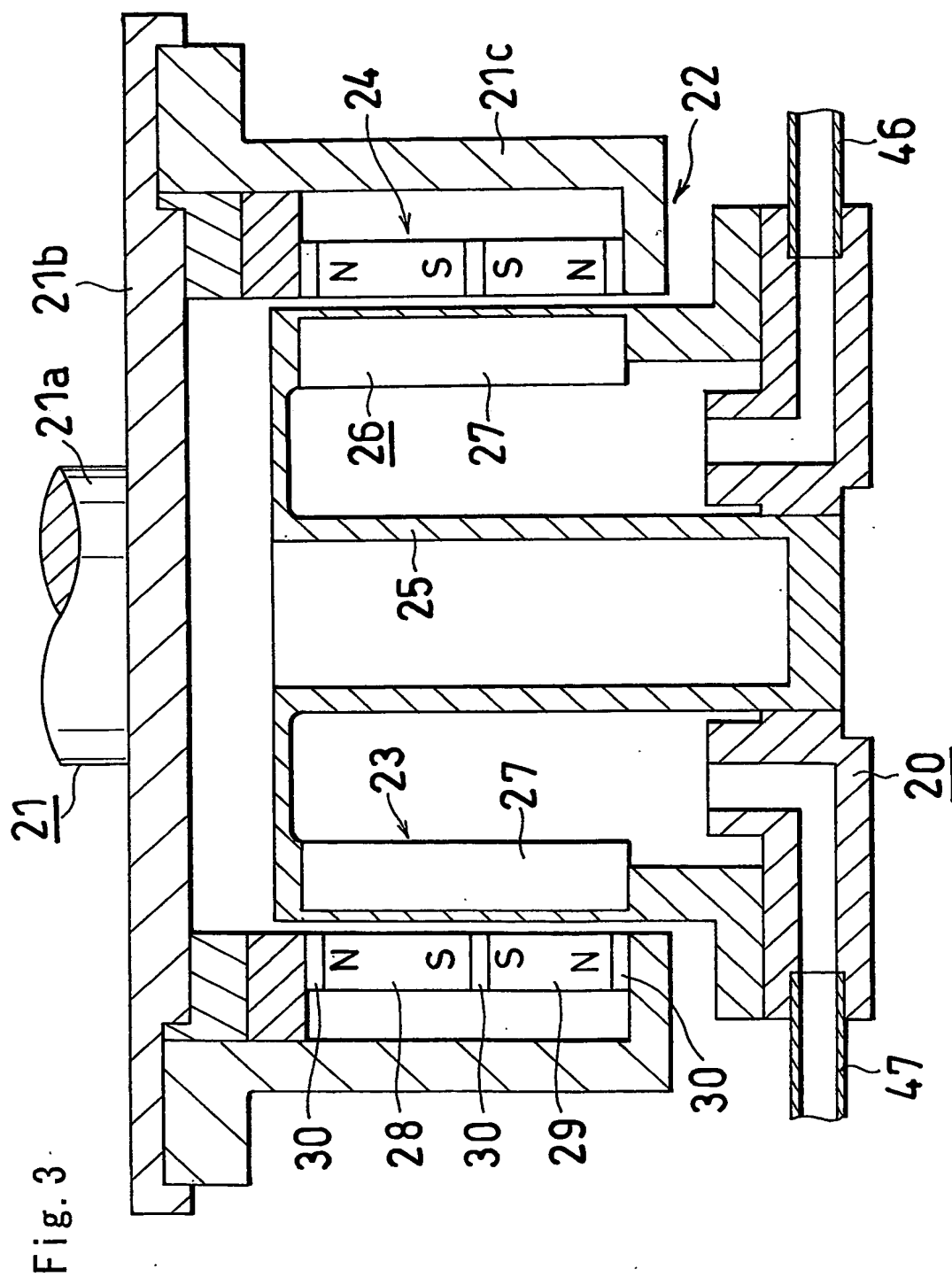


Fig. 4

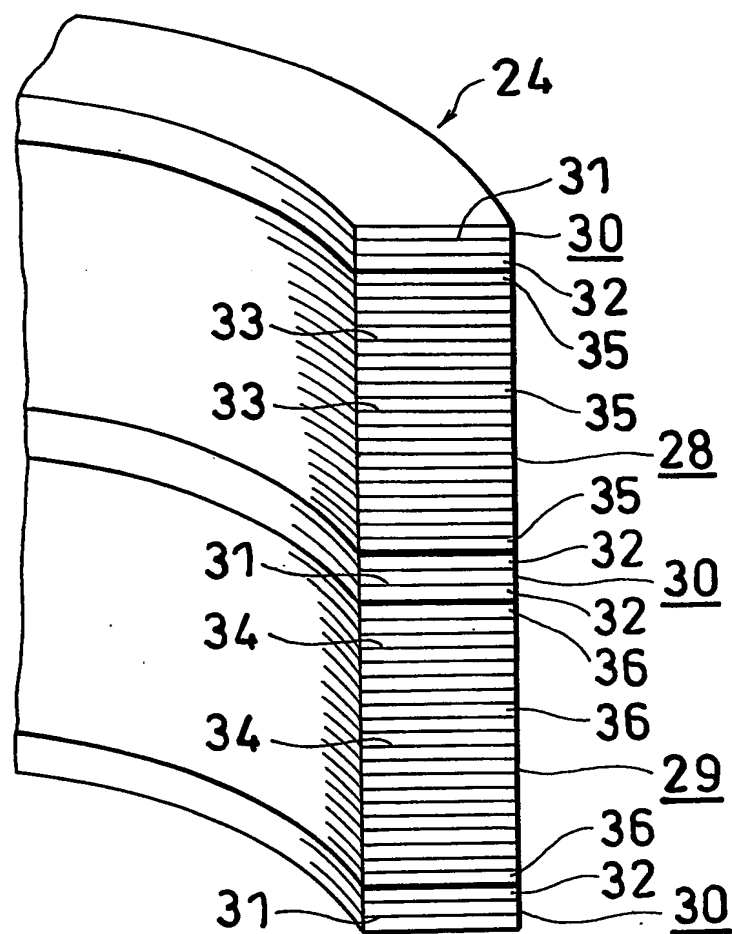


Fig. 5

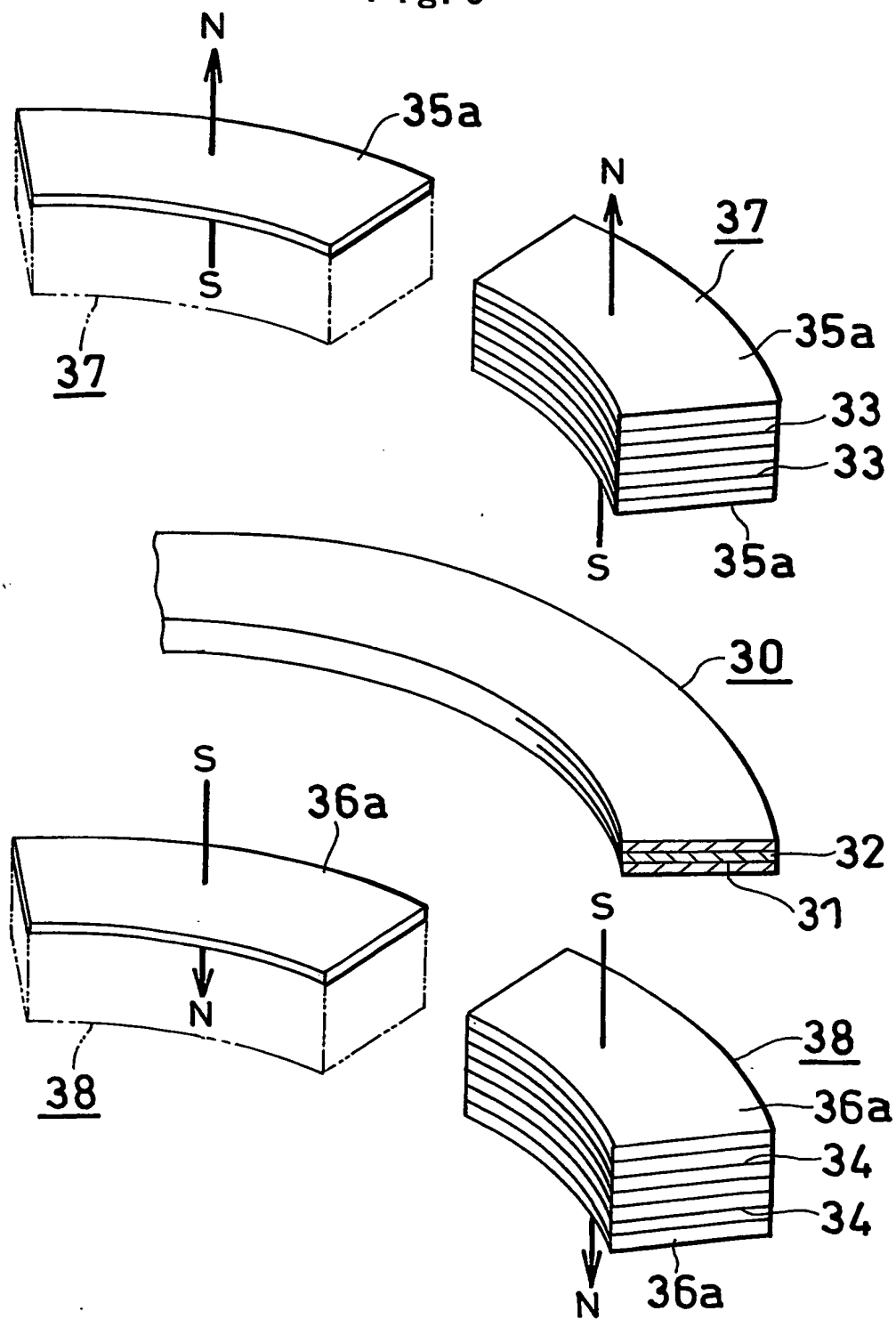


Fig. 6

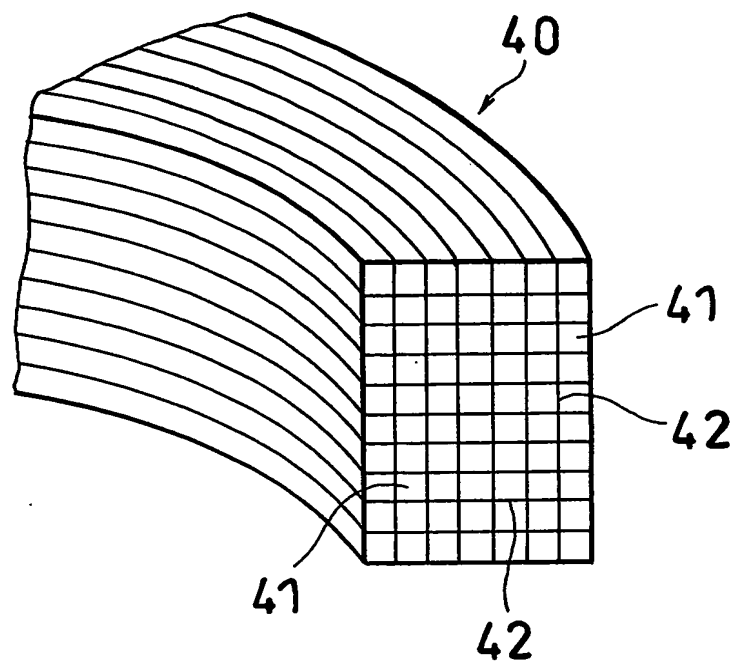


Fig. 8

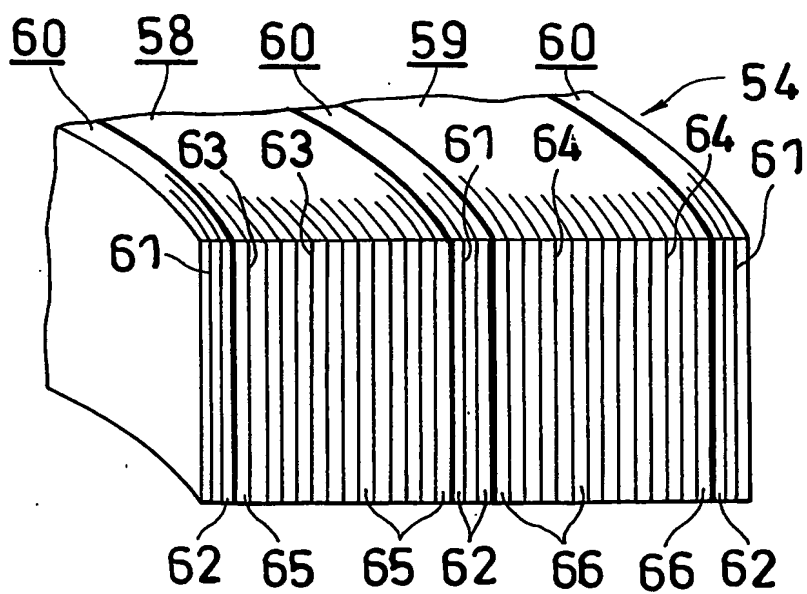
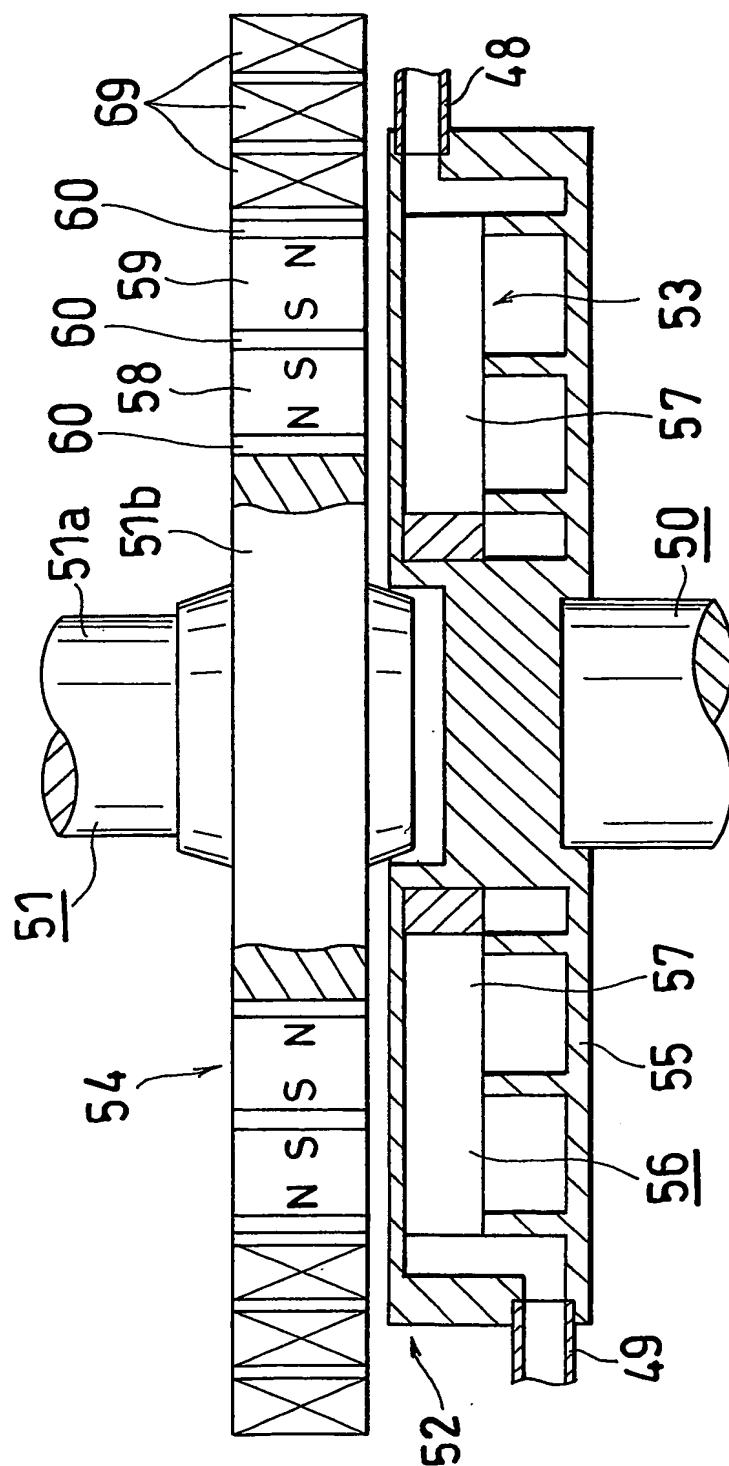
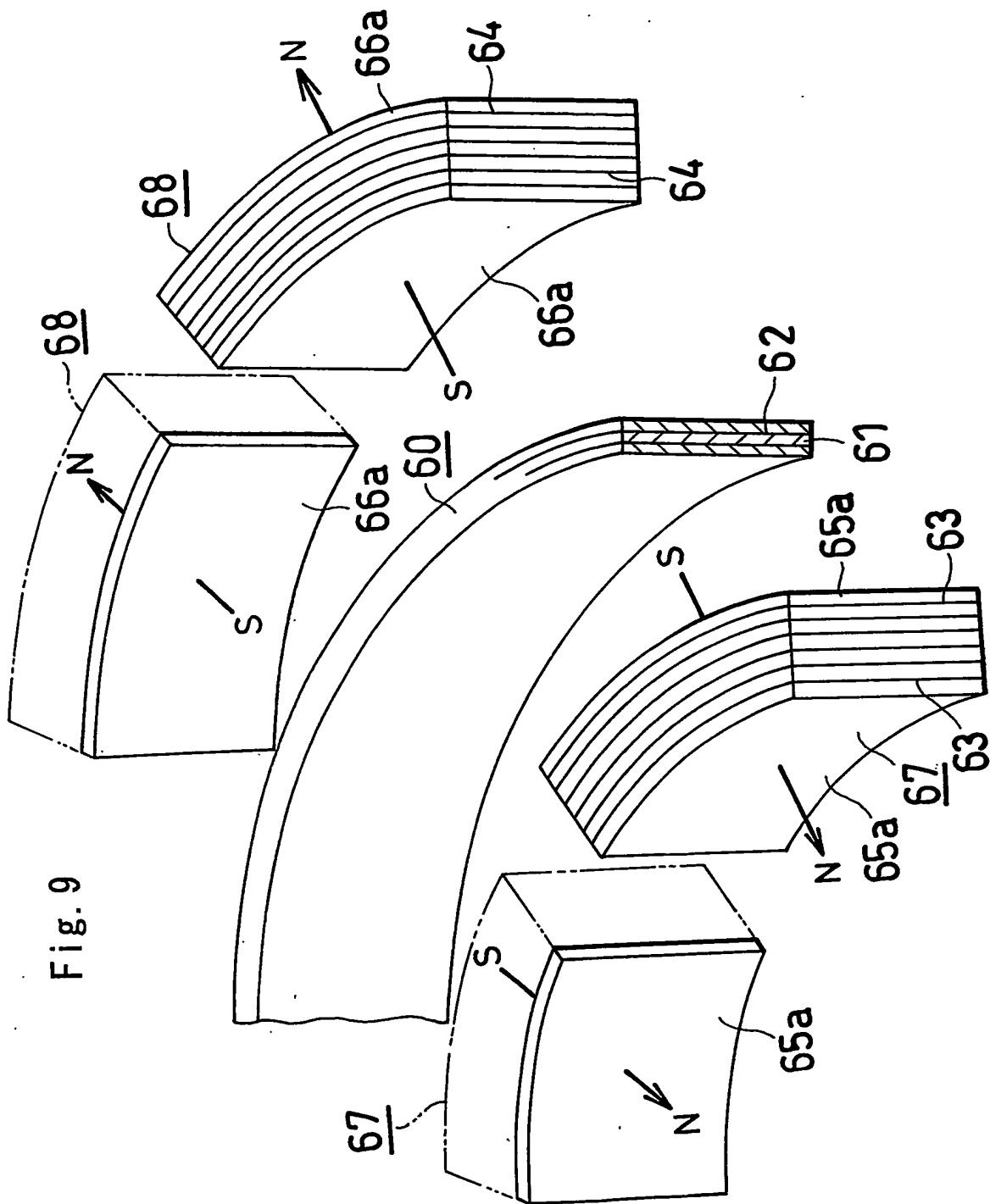


Fig. 7





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/07911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F16C32/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F16C32/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-20950 A (Kenzo MIYA, Shikoku Research Institute Inc.), 23 January, 2001 (23.01.01), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-3
A	JP 4-285316 A (Koyo Seiko Co., Ltd.), 09 October, 1992 (09.10.92), Full text (Family: none)	2

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
20 November, 2002 (20.11.02)Date of mailing of the international search report
03 December, 2002 (03.12.02)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F16C32/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ F16C32/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-20950 A (宮健三, 株式会社四国総合研究所) 2001. 01. 23, 全文, 第1図-第5図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 4-285316 A (光洋精工株式会社) 1992. 10. 09, 全文 (ファミリーなし)	2

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20. 11. 02

国際調査報告の発送日

03. 12. 02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤村聖子

3W

9425

電話番号 03-3581-1101 内線 3366